

Multiagenten-Systeme als geostatistisches Werkzeug zur Modellierung räumlicher Interpolationsflächen

Andreas Koch, Fachbereich Geographie und Geologie, Universität Salzburg

Geostatistische Verfahren zur Generierung räumlicher Interpolationsflächen implizieren in der Regel die Nutzung regressionsanalytischer Techniken – dies gilt zumindest für die auf probabilistischen Ansätzen beruhenden Kriging-Verfahren (im Unterschied zu den deterministischen Ansätzen wie Inverse Distance Weighting oder Global bzw. Local Polynomial Function, die hier nicht weiter berücksichtigt werden). Die Überprüfung der Annahme räumlich autokorrelativer Zusammenhänge punktueller geographischer Phänomene in der Fläche, erfolgt dabei über die Messung distanzabhängiger Varianzen sowohl zwischen den zu schätzenden Punkten und den empirisch vorliegenden Messpunkten als auch zwischen den Messpunkten untereinander. Da bei derartigen paarweisen Punktmessungen häufig sehr hohe Datenmengen generiert werden, erfolgt mit Hilfe der Semivariographie eine Datenreduktion. Sie beruht darauf, dass Punktpaare mit ähnlicher Distanz und Richtung klassifiziert und deren Klassenmittelpunkte (Centroide) zur Ableitung der Regressionsgeraden herangezogen werden und somit in die Schätzung der Interpolationsfläche eingehen. Diese unvermeidliche Datenreduktion führt gleichwohl zu einer Aggregation an Informationen.

Einen alternativen Ansatz möchte der vorliegende Beitrag präsentieren. Er beruht auf der Multiagenten-Technologie, die sich als bottom-up-Prozess auszeichnet, d.h. ausgehend von den individuellen lokalen Spezifika werden Aussagen für die übergeordnete(n) Eben(n) gewonnen. Ein entsprechender virtueller Agent kann dabei vielfältige Eigenschaften und Attribute wie Mobilität, Interaktivität (zwischen Agenten sowie zwischen Agenten und räumlichen Objekten), Lernfähigkeit oder Reaktivität (auf Umwelteinflüsse) aufweisen. Diese auf der Mikroebene ausgeführten individuellen Operationen können auf der Makroebene zur Entstehung neuartiger Muster führen. Dieses Prinzip kann dabei auch in der Geostatistik nutzbringend eingesetzt werden.

Die Ausgangssituation der vorliegenden Darstellung ist durch ein Voronoi-Diagramm gekennzeichnet (Abb. 1), wobei die Agenten die georeferenzierten empirischen Messpunkte und dessen Werte repräsentieren. Diese grobe, diskontinuierliche Interpolationsfläche wird nun durch die iterative Hinzufügung weiterer virtueller Agenten (Messpunkte) sukzessive kontinuieriert, indem auf jeder Stufe dieses Prozesses die jeweils vorhandenen Agenten durch acht Klone vervielfältigt werden. Diese acht Klone durchwandern dann in Anlehnung an die Moore-Nachbarschaft in acht Himmelsrichtungen (N, NE, E, SE, S, SW, W, NW) die Untersuchungsfläche, bis sie an eine angrenzende Voronoifläche gelangen. An diesen Stellen entlang der Grenzlinien wird für die nächste Stufe der Flächenkontinuierung der Referenzpunkt gesetzt. Der dazugehörige Messwert errechnet sich aus der Varianz des Quellpunktes (von dem der Klonagent gestartet ist) und des zur entsprechenden Voronoifläche gehörigen Messpunktes, gewichtet mit der zurückgelegten Distanz. Nach jedem Schritt liegen somit mehr Messpunkte vor, die für eine zunehmende Verkleinerung der Voronoiflächen und damit Glättung der Oberfläche sorgen (Abb. 2).

Die Nachteile der Aggregation und regressionsanalytischen Herleitung der Schätzwerte lassen sich mit diesem Verfahren umgehen. Kritisch gegen dieses Verfahren ist jedoch anzumerken, dass eine echte kontinuierliche Fläche nicht erzielt wird (bzw. nur über einen sehr hohen und langwierigen Rechenaufwand angenähert erreicht werden kann).

Sinn und Zweck dieses Alternativverfahrens ist es gleichwohl nicht primär, eine Optimierung der Fehlerminimierung bei der Ableitung der Interpolationsfläche zu erreichen, obgleich dies bei exemplarischen Untersuchungen der Verteilung der Cäsium-Werte in der Stadt Salzburg – im Vergleich zu mit dem Geostatistical Analyst von ArcGIS ermittelten Krigingflächen – erreicht werden konnte; wichtiger erscheint eher die größere Transparenz des Prozesses (man denke nur an die nicht triviale Einstellung der *bin*- und *lag*-Parameter im Geostatistical Analyst) und Visualisierung des Vorgangs selbst.

Die Programmierung der Agenten erfolgt mit der (frei verfügbaren) Software NetLogo, die mittlerweile in begrenztem Rahmen über GIS-Funktionalität verfügt, so dass georeferenzierte Daten im Shapefile-Format (neben anderen) importiert und modelliert werden können. Der Beitrag möchte neben der prototypischen Demonstration der Vorgehensweise am erwähnten Beispiel der Cäsiumverteilung in Salzburg einen empirisch fundierten Fall vorstellen.

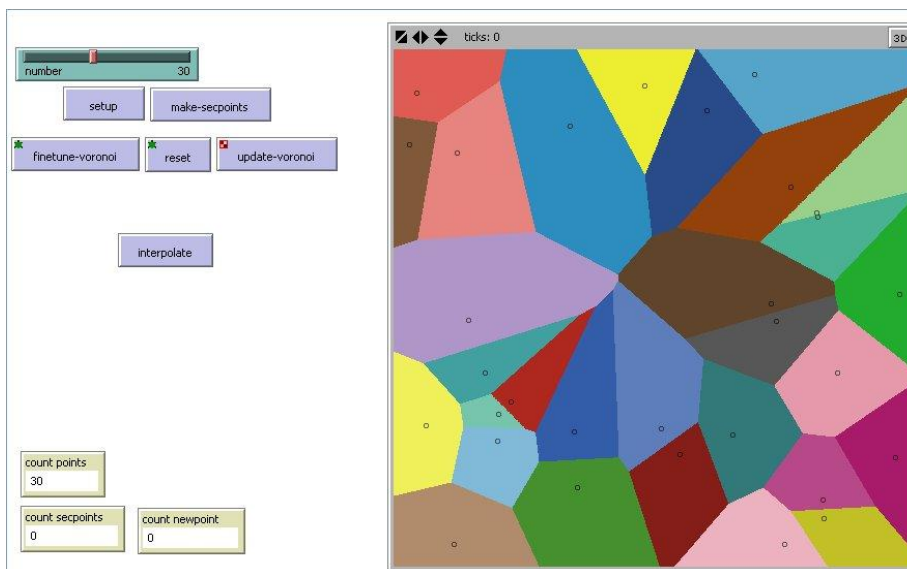


Abb. 1: Voronoi-Diagramm in der Ausgangssituation (prototypischer Fall, 30 Punkte)

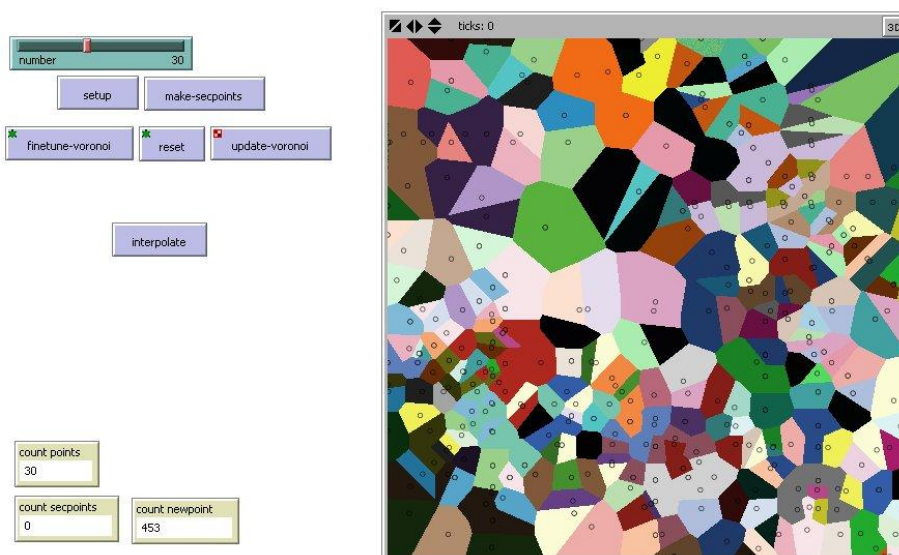


Abb. 2: Voronoi-Diagramm im Zwischenstadium (prototypischer Fall, knapp 500 Punkte)